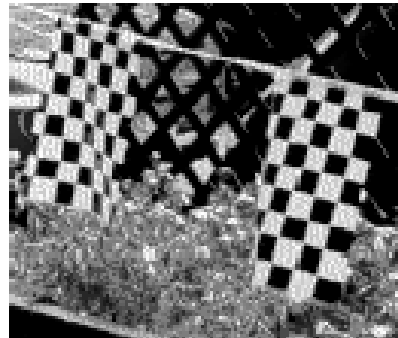


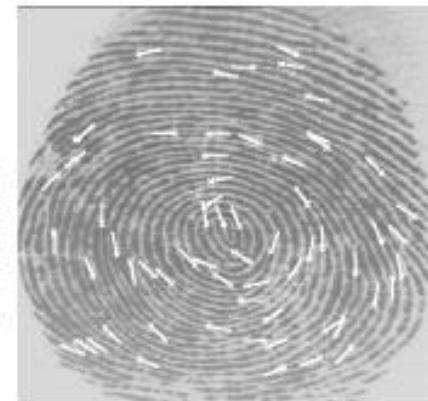
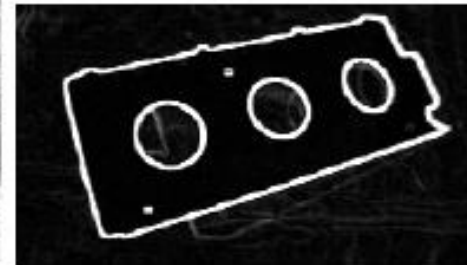
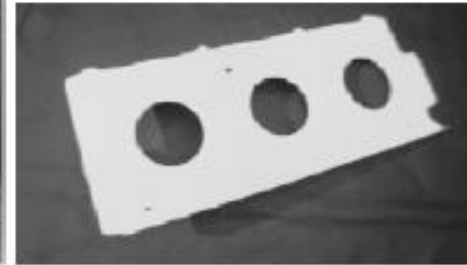
5º CAPÍTULO

Pré-Processamento de Imagem

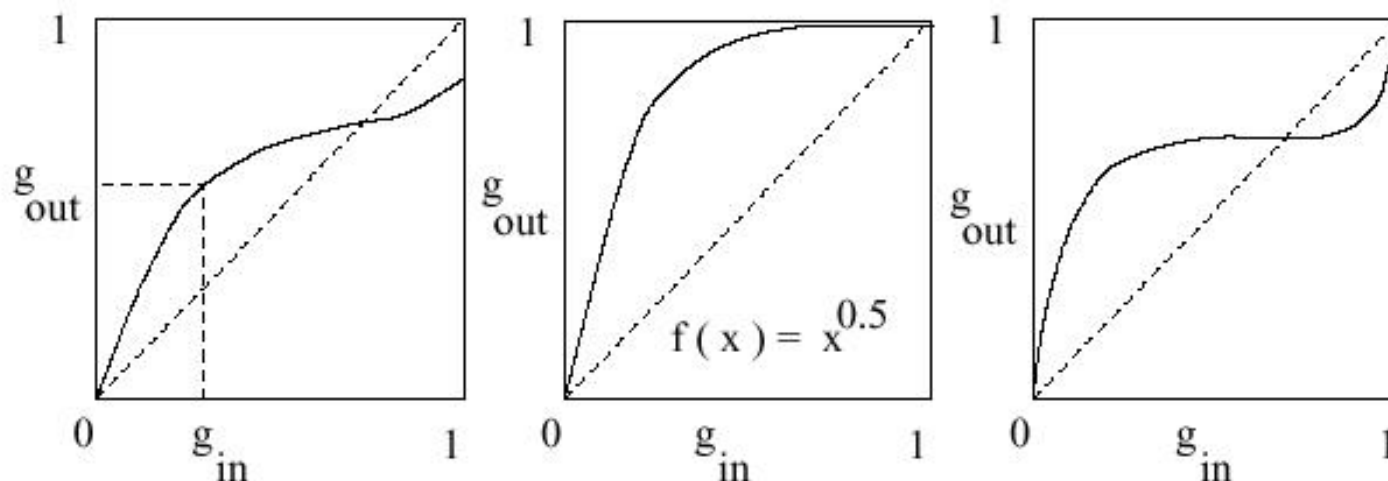


Prof. Arnaldo Abrantes

Necessidade de pré-processamento

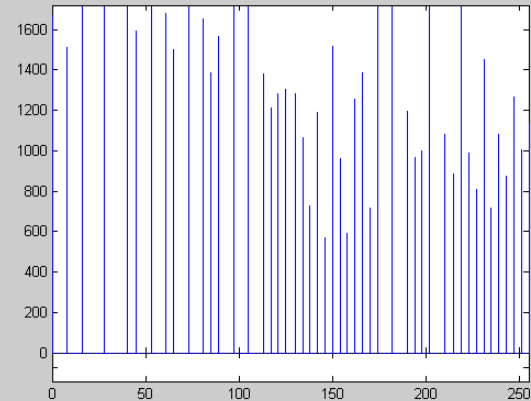
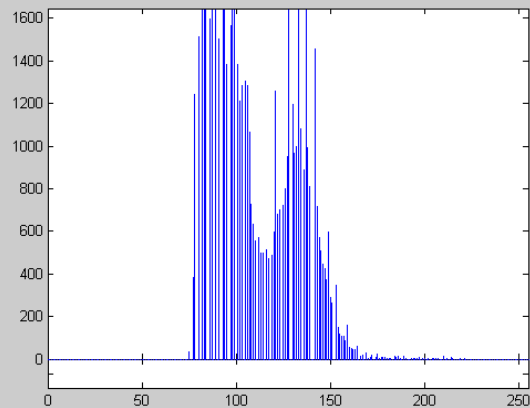


Transformação de níveis de cinzento



- Correção gama $\longrightarrow f(x) = O_{\min} + \frac{O_{\max} - O_{\min}}{(I_{\max} - I_{\min})^\gamma} (x - I_{\min})^\gamma$

Equalização de histograma



Remover pequenas regiões



← Remoção de ruído salt & pepper

1	1	1
1	0	1
1	1	1

⇒

1	1	1
1	1	1
1	1	1

;

0	0	0
0	1	0
0	0	0

⇒

0	0	0
0	0	0
0	0	0

X	X	X
X	L	X
X	X	X

⇒

X	X	X
X	X	X
X	X	X

;

	X	
X	L	X
	X	

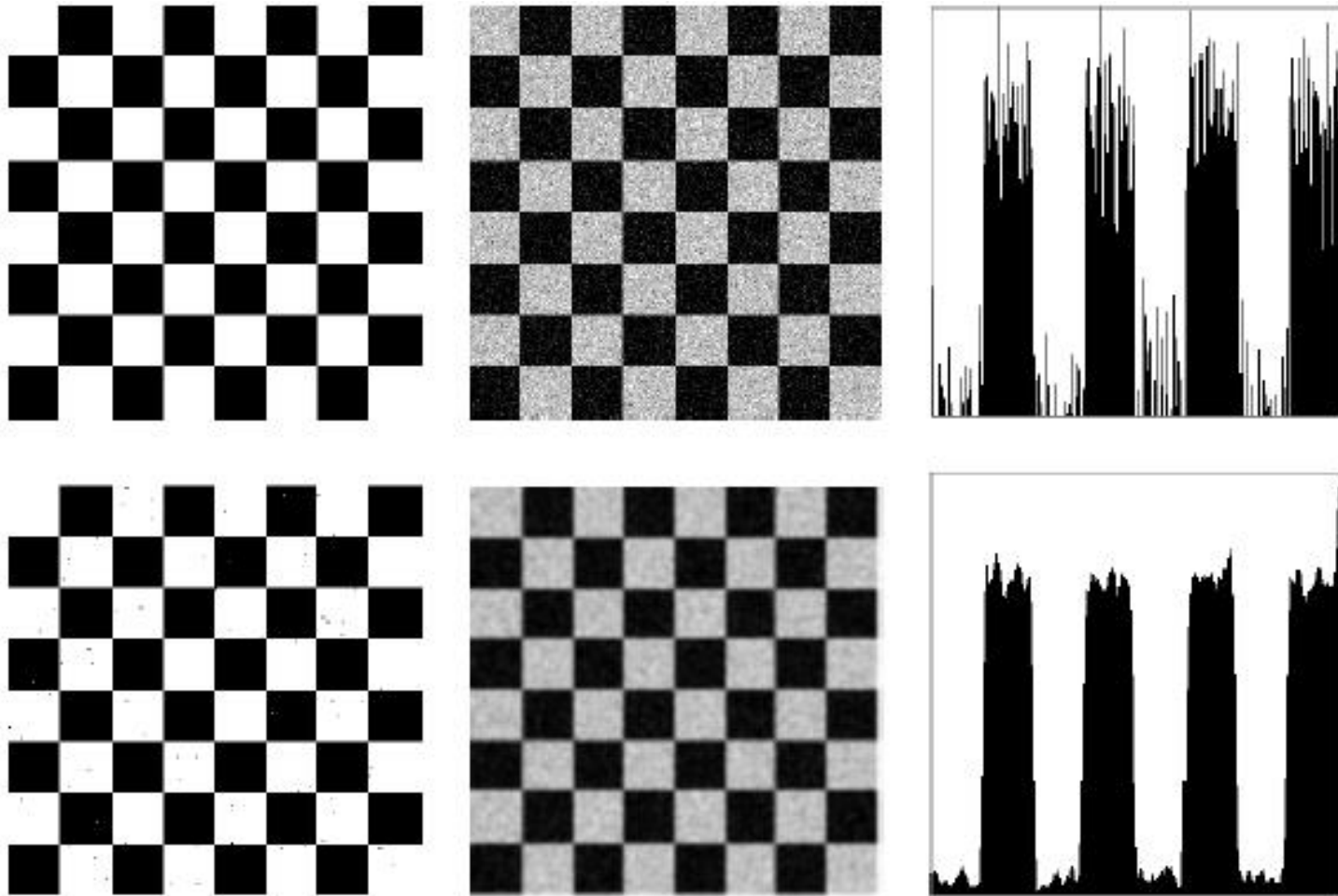
⇒

	X	
X	X	X
	X	

Remoção de componentes conexos
cuja área é pequena



Necessidade de operação de suavização



- Suavização (filtragem passa-baixo) de imagem
 - filtro de média (*box filter*)

$$O(r, c) = \left(\sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N I(r+i, c+j) \right) / (2N+1)^2$$

- filtro gaussiano

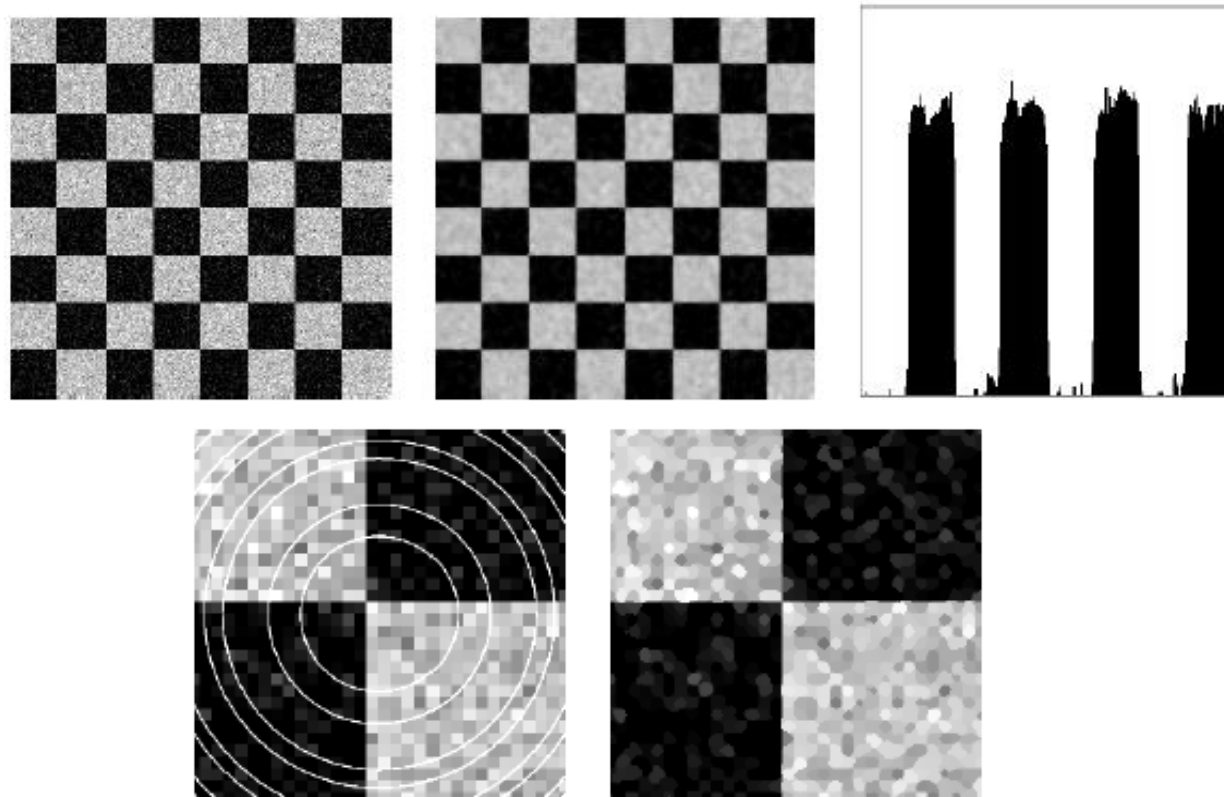
$$O(r, c) = \sum_{i=-N}^N \sum_{j=-N}^N g(i, j) I(r+i, c+j)$$

$$g(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$$

$$d = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}$$

- Seja $A[i]_{i=0, \dots, n-1}$ uma lista ordenada de números reais. A mediana do conjunto A é o valor $A[(n-1)/2]$

– Exemplos



Filtragem temporal com filtro de mediana



Filtragem de Mediana da Sequência



Compute output image pixel $G[r,c]$ from neighbors of input image pixel $F[r,c]$.

$F[r,c]$ is an input image of MaxRow rows and MaxCol columns;

F is unchanged by the algorithm.

$G[r,c]$ is the output image of MaxRow rows and MaxCol columns.

The border of G are all those pixels whose neighborhoods
are not wholly contained in G .

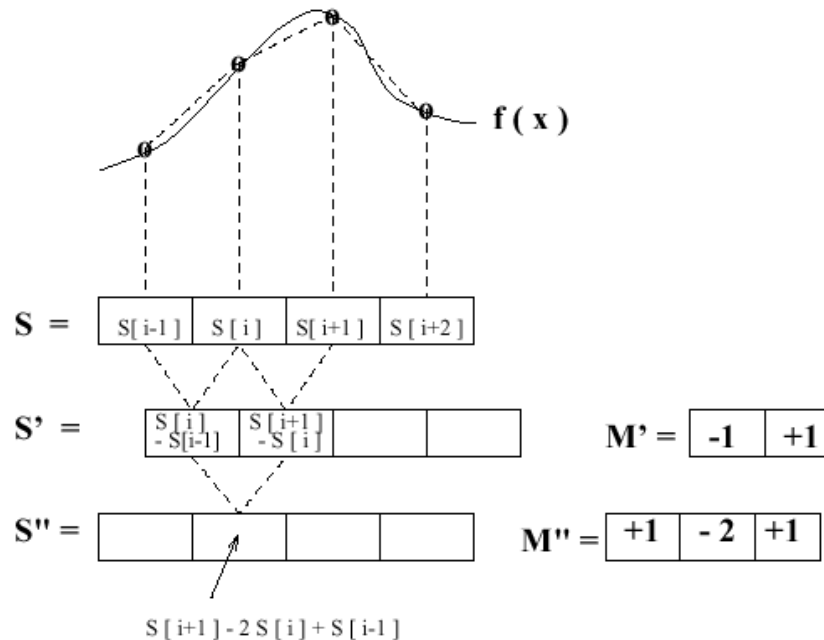
w and h are the width and height, in pixels, defining a neighborhood.

```
procedure enhance_image(F,G,w,h);
{
  for r := 0 to MaxRow - 1
    for c := 0 to MaxCol - 1
      {
        if [r,c] is a border pixel then G[r,c] := F[r,c];
        else G[r,c] := compute_using_neighbors ( F, r, c, w, h );
      };
}
procedure compute_using_neighbors ( IN, r, c, w, h )
{
  using all pixels within w/2 and h/2 of pixel IN[r,c],
  compute a value to return to represent IN[r,c]
}
```

Detecção de transições (*edges*)

- Operadores diferenciais de sinais 1D

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}}$$



Máscara 1D centrada



mask $M = [-1, 0, 1]$

S_1			12	12	12	12	12	24	24	24	24	24
S_1	\otimes	M	0	0	0	0	12	12	0	0	0	0

(a) S_1 is an upward step edge

S_2			24	24	24	24	24	12	12	12	12	12
S_2	\otimes	M	0	0	0	0	-12	-12	0	0	0	0

(b) S_2 is a downward step edge

S_3			12	12	12	12	15	18	21	24	24	24
S_3	\otimes	M	0	0	0	3	6	6	6	3	0	0

(c) S_3 is an upward ramp

S_4			12	12	12	12	24	12	12	12	12	12
S_4	\otimes	M	0	0	0	12	0	-12	0	0	0	0

(d) S_4 is a bright impulse or "line"

mask $M = [-1, 2, -1]$

S_1			12	12	12	12	12	24	24	24	24	24
S_1	\otimes	M	0	0	0	0	-12	12	0	0	0	0

(a) S_1 is an upward step edge

S_2			24	24	24	24	24	12	12	12	12	12
S_2	\otimes	M	0	0	0	0	12	-12	0	0	0	0

(b) S_2 is a downward step edge

S_3			12	12	12	12	15	18	21	24	24	24
S_3	\otimes	M	0	0	0	-3	0	0	0	3	0	0

(c) S_3 is an upward ramp

S_4			12	12	12	12	24	12	12	12	12	12
S_4	\otimes	M	0	0	0	-12	24	-12	0	0	0	0

(d) S_4 is a bright impulse or "line"

box smoothing mask $M = [1/3, 1/3, 1/3]$

S_1			12	12	12	12	12	24	24	24	24	24
S_1	\otimes	M	12	12	12	12	16	20	24	24	24	24

(a) S_1 is an upward step edge

S_4			12	12	12	12	24	12	12	12	12	12
S_4	\otimes	M	12	12	12	16	16	16	12	12	12	12

(d) S_4 is a bright impulse or "line"

Gaussian smoothing mask $M = [1/4, 1/2, 1/4]$

S_1			12	12	12	12	12	24	24	24	24	24
S_1	\otimes	M	12	12	12	12	15	21	24	24	24	24

(a) S_1 is an upward step edge

S_4			12	12	12	12	24	12	12	12	12	12
S_4	\otimes	M	12	12	12	15	18	15	12	12	12	12

- Operadores diferenciais
 - as coordenadas das máscaras tem sinais opostos para que se obtenha uma resposta máxima quando existem transições de intensidade (contraste)
 - A soma dos valores é zero para que a resposta seja zero quando a região é constante
 - As máscaras de primeira derivada produzem valores absolutos elevados em pontos de grande contraste
 - As máscaras de segunda derivada produzem cruzamentos por zero em pontos de grande contraste
- Operadores de suavização
 - os elementos da máscara são positivos e somam um, de modo a que a saída é igual à entrada em regiões de constante intensidade
 - A quantidade de suavização e remoção de ruído é proporcional à dimensão da máscara
 - Transições abruptas (step edges) são tanto mais espalhadas (blurred) quanto maior for a dimensão da máscara

Operadores diferenciais 2D

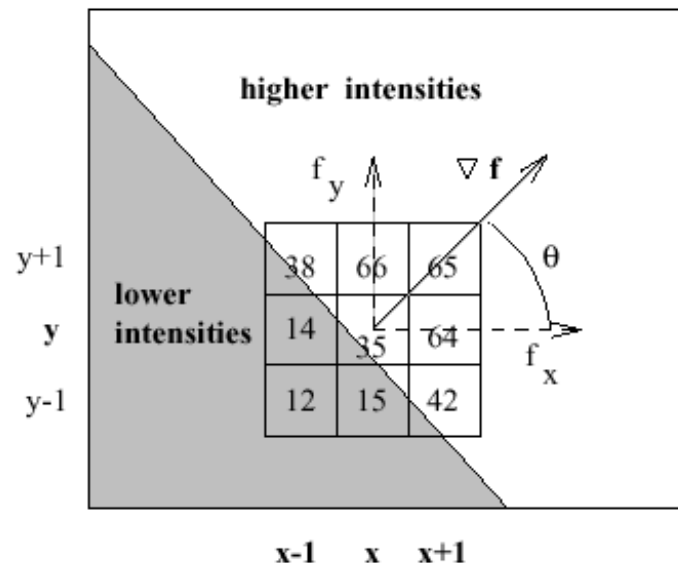
- Gradiente duma função

$$\nabla f = \left(\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)$$

$$|\nabla f| \approx \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$\theta \approx \tan^{-1}(f_y / f_x)$$

Exemplo:



$$f_y = \left(\frac{(38-12)}{2} + \frac{(66-15)}{2} + \frac{(65-42)}{2} \right) / 3$$

$$= (13 + 25 + 11) / 3 = 16$$

$$f_x = \left(\frac{(65-38)}{2} + \frac{(64-14)}{2} + \frac{(42-12)}{2} \right) / 3$$

$$= (13 + 25 + 15) / 3 = 18$$

$$\theta = \tan^{-1}(16 / 18) = 0.727 \text{ rad}$$

$$= 42 \text{ degrees}$$

$$|\nabla f| = (16^2 + 18^2)^{1/2} = 24$$

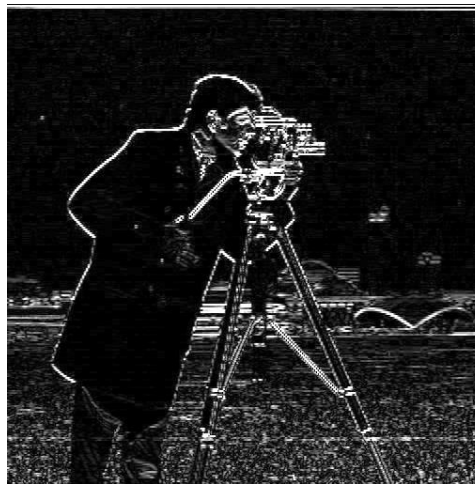
Detectores de pontos de contorno

Prewitt: $M_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; M_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Sobel: $M_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} ; M_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$



$$\frac{\partial I}{\partial x}$$



$$\frac{\partial I}{\partial y}$$



$$|\nabla I|$$

Detector de contornos de Canny



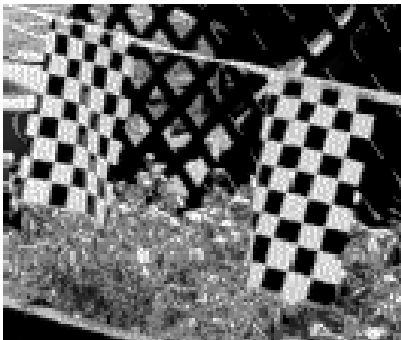
Original



Canny ($\sigma = 1$)



Canny ($\sigma = 4$)



Original

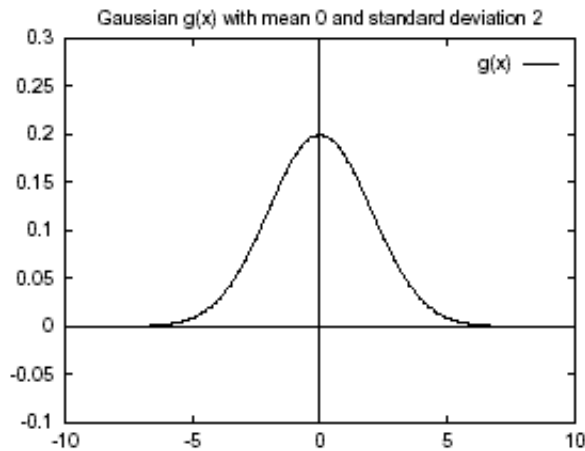


Canny ($\sigma = 1$)

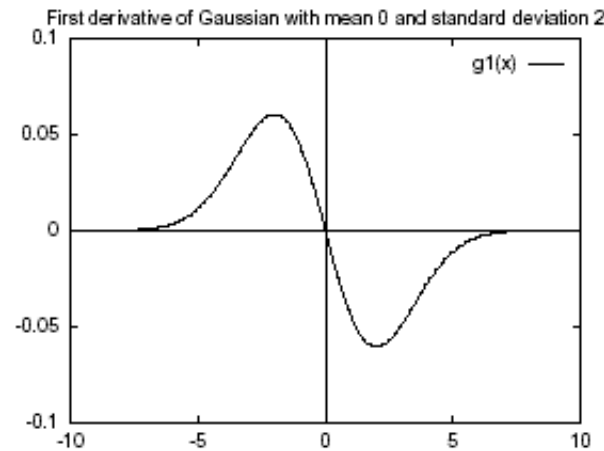


Roberts (20%)

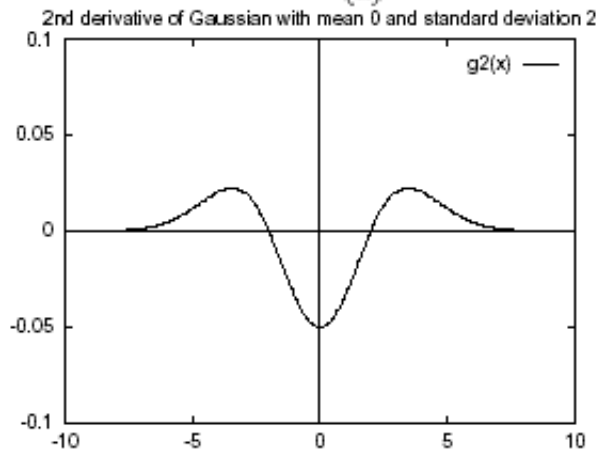
Filtros gaussianos



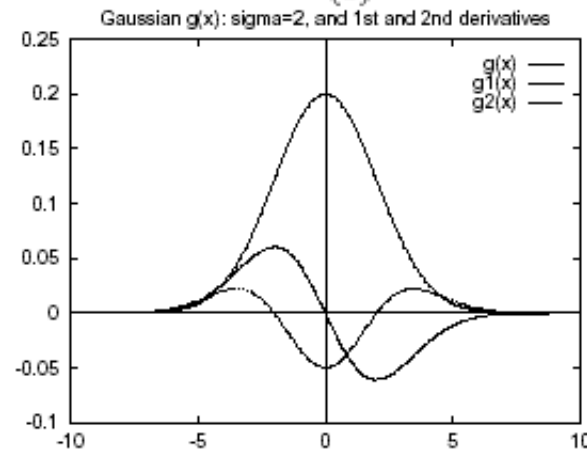
(a)



(b)



(c)



(d)

Caso 1D:

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$g'(x) = \frac{-x}{\sigma^2} g(x)$$

$$g''(x) = \left(\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2} \right) g(x)$$

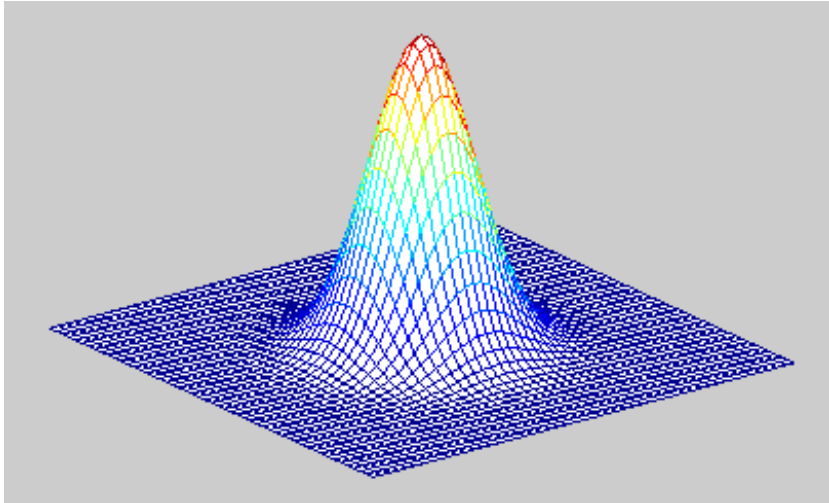
Caso 2D:

$$h(x, y) = g(r)$$

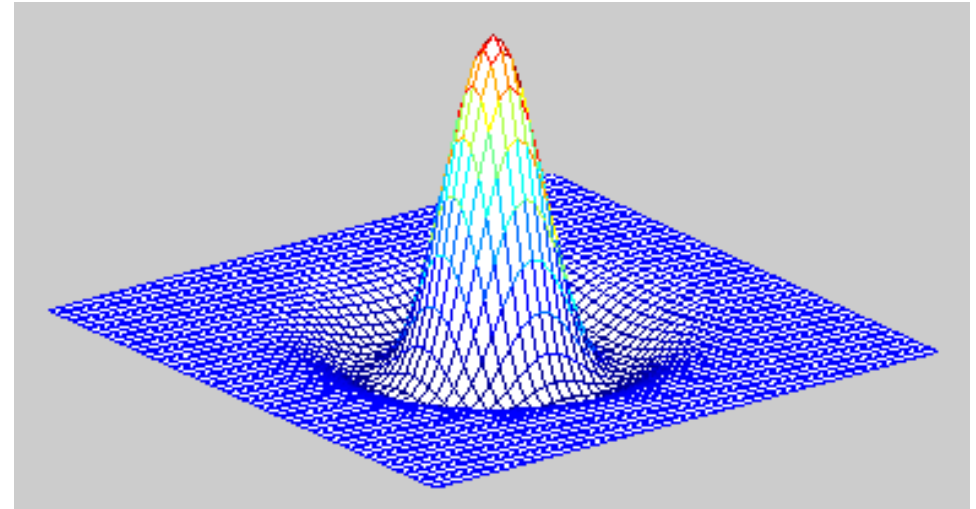
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Detector de edges baseado na função Laplaciana – filtro LOG

$g(x, y)$



$$L(x, y) = \frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x, y)}{\partial y^2}$$

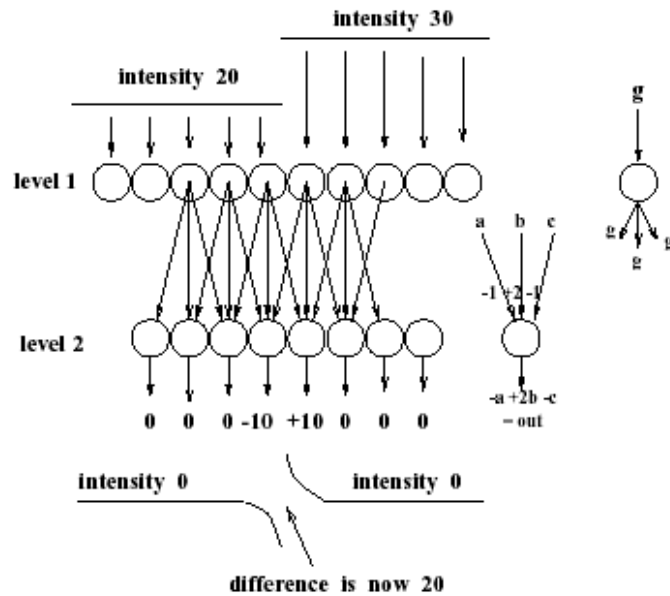


0	0	0	-1	-1	-2	-1	-1	0	0	0
0	0	-2	-4	-8	-9	-8	-4	-2	0	0
0	-2	-7	-15	-22	-23	-22	15	-7	-2	0
-1	-4	-15	-24	-14	-1	-14	-24	-15	-4	-1
-1	-8	-22	-14	52	103	52	-14	-22	-8	-1
-2	-9	-23	-1	103	178	103	-1	-23	-9	-2
-1	-8	-22	-14	52	103	52	-14	-22	-8	-1
-1	-4	-15	-24	-14	-1	-14	-24	-15	-4	-1
0	-2	-7	-15	-22	-23	-22	15	-7	-2	0
0	0	-2	-4	-8	-9	-8	-4	-2	0	0
0	0	0	-1	-1	-2	-1	-1	0	0	0

$-L(x, y) \longrightarrow$ Chapéu mexicano (*sombrero*)

\longleftarrow Máscara 11x11 ($\sigma^2=2$)

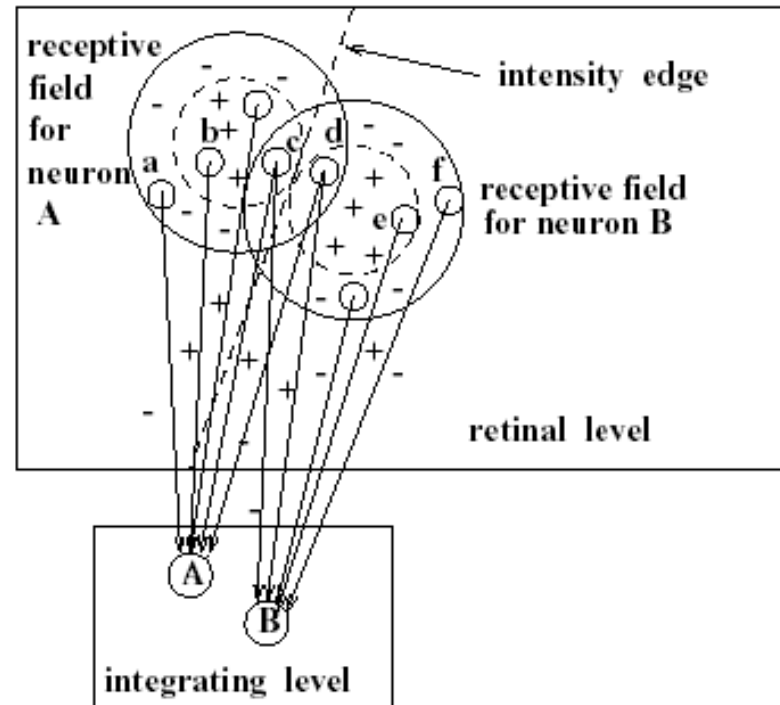
Modelo neuronal e o efeito das bandas de Mach



- Células da retina (nível 1) são sensíveis à intensidade luminosa
- Células de integração (nível 2) são sensíveis às transições de intensidade



Bandas de Mach



- Filtro LOG ajuda a explicar o SVH (baixo nível)
 - Objectivo primeiro é a construção do esboço fundamental (*primal sketch: lines, edges, blobs*)
- Análise multiresolução
 - filtragem LOG, com elevado σ , permite a detecção das estruturas principais existentes na imagem, enquanto que os detalhes se obtêm fazendo o processamento com σ pequeno.



original



smoothed $\sigma = 4$



smoothed $\sigma = 1$

Agrupamento perceptual - linhas virtuais



Linhas virtuais em imagens reais